All' amico Charles S. Sherrington
per affetto ed omaggio
A. Ruffini

Tracts B. 346

(1.)

SULLA FINE ANATOMIA

DEI

FUSI NEURO-MUSCOLARI DEL GATTO

E

SUL LORO SIGNIFICATO FISIOLOGICO

PEL

Dott. ANGELO RUFFINI

LIBERO DOCENTE D'ISTOLOGIA NORMALE NELLA R. UNIVERSITÀ DI SIENA

ROYAL COLLEGE OF SURGEONS OF ENGLAND
30 JAN 36
LIBRARY

SIENA
TIPOGRAFIA EDITRICE S. BERNARDINO

1898.

4

/.

SULLA FINE ANATOMIA

DEI

FUSI NEURO-MUSCOLARI DEL GATTO

E

SUL LORO SIGNIFICATO FISIOLOGICO

PEL

Dott. ANGELO RUFFINI

LIBERO DOCENTE D' ISTOLOGIA NORMALE NELLA R. UNIVERSITÀ DI SIENA

SIENA
TIPOGRAFIA EDITRICE S. BERNARDINO

1898.

ALLA DOLCE E CARA MEMORIA

DELLA MIA POVERA MAMMA

(11 Febbraio 1893)

DAL LABORATORIO D'ISTOLOGIA ED EMBRIOLOGIA DELL'OSPEDALE DI LUCIGNANO (AREZZO)

..... veggendo noi tuttogiorno, che nulla contribuisce vieppiù a prestamente arricchire il tesoro delle scientifiche cognizioni quanto l' occupazione e la diligenza di molti concordemente diretta ad un medesimo scopo.

SPALLANZANI.

Il risveglio ad indagini nuove sulla struttura dei fusi muscolari fu segnato da una incresciosa polemica, avvenuta fra me ed il Prof. Kerschner di Brünn ed incominciata dopo che io con una prima Nota richiamavo l' attenzione degli anatomici sul modo di terminare dei nervi nei fusi muscolari medesimi (1). Non ebbi più ragione di proseguire la già intrapresa polemica, dopo la comparsa di un lavoro dello Sherrington (2), il quale, trattando di questo argomento, riconosceva mia la priorità d' aver data una esatta descrizione e dimostrazione della terminazione nervosa nei fusi muscolari.

Devo però qui subito dichiarare come la descrizione della terminazione nervosa nei fusi muscolari da me data nel precitato lavoro, debba essere ritenuta esatta ma incompleta, come apparirà dai fatti che andrò più avanti esponendo e dalle figure che accompagnano questa Memoria.

Oggi sono lieto di poter presentare agli studiosi dell' anatomia microscopica una completa ed esatta descrizione del modo di terminare dei nervi nei fusi muscolari del gatto e

(1) Ruffini, Sulla terminazione nervosa nei fusi muscolari e sul loro significato fisiologico. — Rendic. d. R. Accad. dei Lincei, Cl. sc. fis. e nat. Vol. I, Ser. 5, fasc. I. 1892.

(2) Sherrington, On the anatomical constitution of nerves of skelental muscles etc. — Journal of Physiology, Vol. XVII, Nos 3 et 4, 1894.

di alcune particolarità morfologiche dei fusi stessi, alle quali non si era fino ad ora posto mente (1).

Non credo necessario rifare qui minutamente la lunga storia degli studî fatti intorno a questo argomento, perchè già trattata e ritrattata lungamente nelle speciali monografie apparse in quest' ultimo quinquennio e nell' ultima edizione del trattato d' Istologia di Koelliker; accennerò solo ad alcuni dati che potranno servire di schiarimento a chi non si è in modo speciale occupato di una tale questione.

Arturo Hill Hassal (1851) fu primo a constatare nei muscoli degli adulti la presenza di esili fibre muscolari, destinate a formarne continuamente delle nuove (2). Dalla breve descrizione e dall' interpretazione che l' A. dà a queste piccole fibre, appare infatti abbastanza chiaramente ch' egli abbia fin da quel tempo visti i fusi muscolari.

Rollett (1856) notò anch' egli, e sempre nei muscoli dell' adulto, alcune fibre che non gli sembrava avessero i caratteri morfologici di quelle vicine, ma non disse certo nulla di più, nè di più esatto di quello che aveva già detto l'Hassall.

Weissmann (1861) fu certamente quelli a cui spetta il diritto della priorità nell' avere descritto con bastevole chiarezza i caratteri, diremo così, più grossolani dei fusi muscolari e nell' averne dato un disegno rispondente al vero. Non diede loro il nome che ora portano, ma io m' associo ben volentieri al Kerschner e Koelliker nel volere, ad onore di lui, chiamare *fascetto di Weissmann,* il fascio di fibre muscolari striate che si trova nel centro dei fusi.

Dal 1862 al 1864, oltre al lavoro di Peremeschko, che non portò nessuna luce nuova sull' argomento, comparvero gl' interessanti lavori di Koelliker e Kühne, i quali non solo descrissero molte e nuove particolarità anatomiche dei fusi muscolari e ne diedero delle precise figure, ma assegnarono anche per la prima volta a queste produzioni un nome speciale. Koelliker li chiamò: *Nervenknäuel* o *Nervenknospen,* Kühne invece li designò col nome di *Muskelspindeln.*

(1) I risultati del presente lavoro ed i relativi preparati anatomici furono comunicati all'Accad. Medico-fisica di Firenze nella tornata del 24 febbraio 1896 e pubblicati sul Monit. Zool. Ital. Anno VII, Fasc. 3, Marzo 1896.

(2) Notizia appresa dal lavoro del Trinchese: — Contribuzione alla conoscenza dei fusi muscolari. Mem. d. R. Accad. d. Sc. dell' Istituto di Bologna, Ser. IV, T. X, 1890.

Dal 1864 al 1878 non comparve, per quanto a me consta, scritto alcuno sull' argomento.

Questo lungo periodo di silenzio fu seguito da un altro periodo di tempo (1878-1883) in cui vennero alla luce delle pregevolissime monografie per opera di Ranvier, Kraske, Krause, Roth, Golgi, Millbacher e Bremer. Questi lavori oltre che portare a cognizione degli studiosi una nuova serie di fatti sulla struttura dei fusi muscolari, valsero anche a maggiormente diffondere la notizia che nei muscoli volontarî embrionali e degli adulti esistessero veramente degli organi speciali, sulla cui natura però ed attribuzione fisiologica c'era ancora a discuture. Al Roth non parve giusta la denominazione loro data da Koelliker e Kühne e volle chiamarli piuttosto *Neuromuscularen Stämmchen.*

Negli anni successivi, e cioè dal 1885 al 1892, comparve una tale serie di lavori che uscirei dai limiti entro i quali mi son proposto di restare se mi accingessi a riassumerne non tanto i fatti nuovi messi in luce, quanto le più o meno calorose dispute avvenute per dar loro una interpretazione fisiologica esatta ed una denominazione possibile. In questo periodo adunque e su questo argomento scrissero: Fränkel, Mays, Mayer, Eisenlohr, Klebs, Kerschner, Felix, Eichhorst, A. Cattaneo, Babinski, Trinchese, Franqué, Dogiel, Santesson, Pilliet, Bloc e Marinesco, Christomanos ecc.

Dopo questa serie di lavori, fra i quali trovo in modo speciale degni di considerazione quelli di A. Cattaneo, Mays, Kerschner e Dogiel, l' anatomia del fuso non aveva ormai quasi più nulla a desiderare all' infuori della conoscenza del modo come tutta quella quantità di fibre nervose che penetrano nel fuso vi si terminassero. Questo punto restava sempre oscuro ad onta delle superficiali ed indecise cognizioni fornite da Kerschner, Koelliker, Dogiel, Trinchese ecc.

Dal 1892 ad oggi (1), oltre alla monografia del Thanhoffer, furono pubblicati lavori da me, Kerschner e Sherrington. È solo in quest'anno che la questione del modo di terminare dei nervi nell' interno del fuso riceve un grande impulso e ciò per opera mia, come pienamente riconosce lo Sherrington e come io

(1) Si prega di notare la data che porta il presente scritto in fondo all' ultima pagina.

stesso ero già convinto dopo aver visto e letto ciò che gli altri avevano disegnato e detto prima della mia comunicazione.

Alla risoluzione di un tale quesito, come si vedrà più avanti, era ed è tuttavia intimamente legata la conoscenza della funzione di questi organi. Questa necessità la si vede trasparire più o meno chiaramente dagli scritti di molti ricercatori, ma quelli che più di tutti diressero a bella posta i loro sforzi a svelare tale segreto, ottennero come già si disse, dei risultati così poco lusinghieri, che la loro encomiabile prudenza non li autorizzò a considerarli altrimenti che quali *Organi speciali.* Questo merito spetta a Ranvier che primo li considerò tali, basandosi specialmente e giustamente sull' esistenza di capsule concentriche multiple simili a quelle che si osservano nei corpuscoli del Pacini. E tali pure li considerarono: Roth, Babinski, Pilliet ed altri.

Kerschner fin dal 1888 li considerò quali *Organi di senso.*

Una critica serena e spassionata deve dichiarare questa ipotesi intempestiva ed aprioristica, perchè non confortata allora da fatti anatomici sufficienti. In altro lavoro ebbi ad occuparmi di tale questione (1); non ne riporto qui le ragioni, perchè non è questo il luogo e perchè, a mio giudizio, la dimostrazione fu sufficiente.

Delle altre opinioni emesse sulla natura dei fusi muscolari oggi non conviene occuparsi.

Fra i tanti nomi dati a queste speciali produzioni e dei quali citai solo qualcuno, a me pare che nessuna risponda rigorosamente, tanto dal punto di vista genetico che da quello morfologico, alle giuste esigenze d'una esatta nomenclatura. Ma oramai l' uso generale avendo consacrato loro il nome di *fusi muscolari*, proposto da Kühne, io non saprei trovare altra ragione per cambiarlo, che quella di voler creare un nome nuovo. Solo mi pare necessario far precedere all' attributo: *muscolari*, un altro attributo: *neuro*, accettando così anche in parte la dominazione di Roth. Per cui io li chiamo: *fusi neuro-muscolari.* Mi è parso indispensabile aggiungere l' attributo: *neuro*, perchè, come si vedrà più avanti, i nervi e le loro terminazioni formano la parte più interessante di questi Organi speciali.

(1) Considerazioni critiche sui recenti studi dell' apparato nervoso nei fusi muscolari. -- Anat. Anzeig. 1893, N.° 3.

Alla descrizione del modo come i nervi si terminano nel fuso neuro-muscolare del gatto mi sembra logico ed indispensabile far precedere una sintesi delle particolarità anatomiche che in generale furono già osservate nei fusi dei diversi animali e specialmente dei mammiferi, perchè per i fusi dei rettili e degli anfibi è necessaria, a mio credere, una descriaione a parte. Queste notizie furono specialmente raccolte dall' interessantissimo lavoro di Sherrington dal Koelliker e dalle mie proprie osservazioni.

Nei fusi neuro-muscolari dei mammiferi adunque, oltre ai caratteri generali di forma, topografia e numero, abbiamo da considerare in modo speciale:

1.° Le capsule e gli elementi coi quali esse sono in rapporto;

2.° Lo spazio linfatico;

3.° Il fascetto di fibre muscolari striate o *fascetto di Weissmann*;

4.° I nervi e le loro terminazioni.

La *forma* che hanno questi Organi non è sempre rigorosamente fusata, però la maggior parte degli osservatori la ritengono approssimativamente tale. Nei miei preparati al Cloruro d' Oro non mi venne mai fatto di constatare questa configurazione, perocchè nella loro estremità prossimale i fusi si mostrano assai più voluminosi che in quella distale. Lungo l' Organo si possono però osservare uno o più rigonfiamenti fusiformi, ai quali, come si vedrà, corrisponde una parte della terminazione nervosa. Avviene spesso che un fuso sia composto di due e più raramente di tre fusi riuniti insieme (Sherrington). La lunghezza massima data da Koelliker è di 7, 4 mm. da Sherrington da 4 a 75 mm. Il diametro dell' Organo nel punto d' entrata della fibra nervosa per Koelliker è di 72-91 μ e nella parte più larga per Sherrington è di 80-200 μ.

In quanto alla *topografia* da A. Cattaneo e Koelliker si ammette che di regola si trovino in vicinanza dell'estremità tendinea dei muscoli. Sherrington li trovò numerosi anche nelle parti carnose dei muscoli, in vicinanza delle aponeurosi e dei setti intramuscolari, nel qual caso sono inclinati ad angolo coll'asse longitudinale delle fibre muscolari adiacenti. Anche io li trovai nelle dette località e specialmente nume-

rosi nelle parti carnose del muscolo; ma in questo caso, come giustamente videro anche Kerschner e Koelliker, si osservano, salvo poche eccezioni, in immediata vicinanza dei tronchi e tronchicini nervosi che corrono dentro al muscolo medesimo.

Per ciò che spetta al loro *numero* nei diversi muscoli del corpo, fino ad oggi conosciamo ben poco. Koelliker asserisce, in base alle sue osservazioni fatte in una bambina di quattro anni, che in ogni ventre dell' Omojoideo se ne incontrano indubbiamente quindici. Sherrington suppone che sieno relativamente più numerosi nei muscoli plantari anzichè nei grossi muscoli della coscia ed asserisce d'averne specialmente trovati molti nell'aponeurosi del vasto interno. Io non potrei dire nulla di più preciso su ciò; solo credo di poter stabilire in tesi generale che i fusi neuro-muscolari sono, nei relativi muscoli, più numerosi degli Organi muscolo-tendinei del Golgi; fanno eccezione i muscoli oculari, nei quali Sherrington non osservò mai alcun fuso, mentre a tutti è nota in questi muscoli la presenza degli Organi muscolo-tendinei. La osservazione già fatta da molto tempo dalla maggior parte degli osservatori, che i fusi neuro-muscolari si trovino in maggior numero nei muscoli embrionali e dei neonati che in quelli degli adulti (osservazione che fra l' altre valse a far sostenere una ipotesi erronea circa la funzione di questi Organi) a me pare del tutto infondata; perocchè il maggior numero di fusi che si osserva nei muscoli embrionali e dei neonati non è assoluto ma relativo alla piccolezza di tali muscoli. Lo stesso fatto ad es. accade per gli Organi muscolo-tendinei del Golgi, i quali s' incontrano assai meno frequentemente nei muscoli degli adulti che in quelli dei neonati.

I. — Capsule ed elementi con esse in rapporto.

I fusi neuro-muscolari sono tutti all' esterno vestiti da un involucro capsulare fatto di lamelle concentriche, le quali variano di numero secondo i fusi e secondo gli animali. Le lamelle hanno una perfetta somiglianza con quelle dei Corpuscoli del Pacini. Sono fatte anch'esse di tessuto connettivo fibrillare compatto, ma non sappiamo se le fibrille abbiano

la stessa disposizione che nelle lamelle dei detti Corpuscoli, d' essere cioè disposte in due strati: uno esterno longitudinale e l'altro interno circolare. È lecito però supporlo dalla perfetta somiglianza di tutti gli altri caratteri morfologici. Le lamelle sono rivestite da cellule endoteliali tanto nella loro faccia interna che in quella esterna e lasciano tra loro un piccolo spazio che probabilmente contiene linfa.

Mentre, come s' è visto, conosciamo già con bastevole precisione i caratteri anatomici delle capsule del fuso, non sappiamo però che poche cose del modo com' esse sieno disposte attorno al medesimo e su tutta la sua lunghezza. Sherrington, che ci ha fornite tante preziose particolarità anatomiche dei fusi, a questo proposito non dice altro se non che il tessuto fibroso delle capsule all'apice più distante del fuso od in prossimità di esso aderisce strettamente al tendinetto del fuso stesso. Kerschner nel suo primo lavoro (Febbraio 1888) ci dice solo come ad entrambi i poli del fuso l'invoglio capsulare si assottiglia per la scomparsa delle lamelle ed aderisce più strettamente al fascetto muscolare.

Nei miei preparati apparisce chiaramente come la disposizione delle capsule sia diversa nelle diverse parti del fuso. Non potrei escludere assolutamente che l' estremità prossimale, nella parte più lontana dal punto dove avviene la terminazione dei nervi, sia fornita di un rivestimento capsulare, sebbene non mi sia mai riuscito di osservarlo. Le fibre muscolari in questo punto si vedono sempre discoste l' una dall' altra e non già riunite strettamente fra loro, come avviene in tutto il resto del fuso. Per cui bisogna che io creda o che in questo punto manchino completamente le capsule o che vi sia una sola lamella, la quale si laceri con tutta facilità nelle manovre di preparazione. Le capsule incominciano a manifestarsi chiaramente là ove le fibre nervose si addossano al fuso. Da questo punto incominciano gradatamente a crescere di numero fino a raggiungere un massimo di 6 ad 8 in corrispondenza di una parte della terminazione nervosa, che più tardi conosceremo e che io chiamo: *terminazione primaria.* Al di là di questo punto, di nuovo le capsule si veggono gradatamente ridiminuire di numero e poi finiscono per addossarsi ed aderire alla porzione tendinea del fuso. (Fig. I).

Le capsule del fuso sono circondate all'esterno dal *perimisium internum,* che la divide così dalle fibre muscolari circostanti.

In questo perimisio scorrono abbondanti i vasi sanguigni, già notati anche da A. Cattaneo, Kerschner e Koellicher. Uno di questi vasi per solito scorre lungo la parte superficiale delle capsule e da esso promanano vasi capillari che hanno una direzione più o meno spirale entro le stesse (Sherrington).

Un fatto al quale nessuno fino ad ora, per quanto a me consta, aveva accennato, è la presenza di fibre elastiche sulle capsule del fuso e che io già da tempo osservai nell'uomo e nel gatto. Queste fibre elastiche sono abbondanti, ma non saprei dire con certezza se stieno sopra o fra le capsule o seppure entrino a formare parte intrinseca delle capsule stesse, come fu già dimostrato dal Tartuferi (1) per le fibre elastiche nelle capsule dei corpuscoli del Pacini. Però la loro disposizione e configurazione mi rendono più sfavorevole a quest' ultima possibilità che alle prime due, pur non escludendo che anche in queste capsule esistano fibre elastiche intrinseche, dimostrabili solo con metodo speciale, come quello escogitato dal Tartuferi.

II. — Spazio linfatico.

Tra le capsule del fuso ed il fascetto di Weissmann esiste un piccolo spazio che Golgi prima e Sherrington poi considerarono come linfatico. Che realmente sia uno spazio linfatico, oggi non v' ha più dubbio, perchè a Sherrington riuscì iniettarlo mediante l' iniezione dei linfatici della gamba. Secondo quest' osservatore, il detto spazio misurerebbe da 5 a 15 μ di diamentro ai poli del fuso e da 40 a 50 μ verso il mezzo dello stesso.

Dentro questo spazio si possono osservare dei precipitati protoplasmatici e dei linfociti, ma giammai i corpuscoli del sangue. Oltre a ciò lo spazio linfatico è attraversato in molti punti da membrane o filamenti sottilissimi, rivestiti da cellule endoteliali; questi setti si attaccano da un lato

(1) Tartuferi. Sulla minuta anatomia dei corpuscoli del Pacini. — Bullettino delle Sc. Med. di Bologna, Ser. VII. Vol. IV.

alla faccia interna della capsula più centrale e dall' altro ad un sottile strato di connettivo, abbondantemente nucleato, che avvolge il fascetto di Veissmann (Sherrington).

A questo spazio linfatico Sherrington ha dato il nome di *spazio peri-assiale*; a me parrebbe meglio chiamarlo *spazio peri-fascicolare.*

III. — Fascetto di fibre muscolari striate o Fascetto di Weissmann.

Il centro del fuso neuro-muscolare è occupato da un fascetto di fibre muscolari striate che in onore di chi primo lo descrisse è giusto chiamarlo: *Fascetto di Weissmann.* Questo fascetto si compone di 3 a 4 fibre muscolari nel coniglio, di 3 a 10 nell' uomo (Koelliker) e di 2 a 12 nel gatto e nella scimia (Sherrington). In un fuso composto se ne possono osservare anche più di 20, ma in tal caso non sono mai perfettamente riunite in un sol fascio (Sherrington).

Per diametro queste fibre sono inferiori alle comuni fibre muscolari. Le fibre madri nei fusi del coniglio misurano da 38 a 53 μ e quelle figlie da 19 a 22 μ (Koelliker). Nel gatto e nella scimia pare abbiano in media un diametro di 6 a 28 μ (Sherrington).

Presentano una evidentissima striatura, che in sezione trasversale dà loro un aspetto simile alle fibre muscolari cardiache del Purkinje od ai mioblasti di Schaffer (Sherrington).

In generale sono fornite di sarcolemma, ma pare che alcune ne sieno sprovviste (Sherrington). I nuclei sarcolemmatici sono in esse assai più abbondanti che nelle ordinarie fibre muscolari (Golgi).

La sostanza muscolare di queste fibre è cosparsa in tutta la sua lunghezza di abbondanti nuclei, molti dei quali sono circondati da uno straterello di granulazioni protoplasmatiche (Golgi). In questi nuclei Sherrington non osservò mai il fenomeno della cariocinesi.

Pare che le fibre muscolari sieno semplicemente unite insieme per diretto contatto, senza sostanza connettivale interposta (Koelliker), mentre tutto all' esterno il fascetto di Weissmann è vestito da un sottile strato di connettivo ab-

bondantemente nucleato, che Sherrington chiama: *Guaina assiale.*

Delle due estremità del fascetto di Weissmann una è muscolare, che vien chiamata: *Estremità prossimale,* e l' altra è tendinea, che alla sua volta è detta: *Estremità distale.*

Nella estremità muscolare o prossimale si ritrovano le così dette *fibre madri,* che per un processo di scissione longitudinale si dividono in *fibre figlie;* da una fibra madre possono derivare fino a tre fibre figlie. Le fibre madri sono di diametro assai maggiore delle fibre figlie ed in sezione trasversale presentano svariate forme poligonali, mentre le fibre figlie sono generalmente circolari (Sherrington).

Le fibre muscolari vanno gradatamente diminuendo di diametro a misura che si avvicinano all' estremità tendinea o distale, dove finiscono per convertirsi in tendine. Non tutte le fibre però diventano tendinee allo stesso punto; da ciò deriva naturalmente una diversa lunghezza dei filamenti tendinosi. Sherrington ne ha osservati di quelli che misuravano perfino 500-600 μ.

Questi tendini dei fusi neuro-muscolari finiscono da ultimo per perdersi o fra il tessuto delle aponeurosi, o fra quello dei setti intermuscolari, o finalmente fra il tessuto tendineo proprio del muscolo. Spesso succede anche, come A. Cattaneo primo dimostrò, che il tendinetto del fuso si unisca e si perda nel tendinetto di un Organo muscolo-tendineo vicino. Questo fatto succede assai spesso allorquando i fusi si trovano in vicinanza dell' estremo tendineo dei muscoli.

Da quanto adunque fin qui si disse appare chiaramente come il fascetto di Weissmann non sia conformato a fuso: piuttosto voluminoso nell' estremità muscolare, esso va gradatamente diminuendo in diametro fino a diventare sottilissimo nell' estremo tendineo; però ogni fascetto ha, lungo il suo decorso, più di un rigonfiamento fusiforme, che in generale non è molto rilevante.

Il fascetto di Weissmann in sezione trasversale si presenta di figura circolare e non angolosa. Il suo diametro nella parte mediana varia fra i 32 ed i 90 μ. Spesso il fascio si vede collocato eccentricamente nello spazio circolare formato dalle capsule, ma questo fatto è dovuto alle capsule stesse, le quali or s' addossano ed ora s' allontanano dal fascetto

di Weissmann, perocchè in sezione longitudinale questo è sempre rettilineo (Sherrington).

IV. — Nervi e loro terminazioni

In questo capitolo io descriverò solo l' apparato terminale nei fusi del gatto adulto e di quello neonato, senza occuparmi affatto degli altri animali e ciò per due ragioni specialmente: primo, perchè non mi fu dato fino ad ora d' allestire una completa serie di preparati altro che del gatto, secondo perché mi pare indispensabile per la chiarezza e semplicità della descrizione prendere primieramente come tipo un solo essere vivente, per far rilevare dipoi, in lavori successivi, le differenze e le somiglianze che possono correre tra i fusi delle diverse famiglie animali. Così mi sembra più semplice e piano il compito di chi deve descrivere e moltissimo facilitato il lavorìo mentale di coloro che da queste pagine apprender debbano quale sia la maniera di terminare dei nervi nei fusi neuro-muscolari.

Nella mia prima comunicazione su questo argomento scrissi come fino a quel tempo (1892) nessuno aveva *con precisione* veduto in che modo le fibre nervose terminano dentro al fuso neuro-muscolare. E ciò è sempre vero ad onta degli inani sforzi del Kerschner per voler far credere il contrario.

Avanti che fosse pubblicata la mia comunicazione gli unici che avessero non dico descritta ma abbozzata appena una parte dell' apparato terminale nei fusi dei mammiferi furono Koelliker e Kerschner. Questi distingue nel fuso un apparato terminale sensitivo ed uno motore, il primo non fa cenno di tale distinzione, ma si limita solo a parlare lontanamente di un modo di terminare dei nervi che corrisponde a quello che Kerschner chiama apparato terminale sensitivo. Tutto ciò ch' essi dicono di questo apparato è che le fibre amidollari circondano le fibre muscolari del fascetto di Weissmann come uno spesso inviluppo spiraliforme e che queste stesse fibre amidollari mostrano qua e là le loro estremità libere. Kerschner nel 1893 andò più avanti in tale descrizione e precisò meglio alcuni fatti anatomici, ma in quel tempo io avevo già da un anno pubblicata la mia prima comunicazione,

ben nota al Kerschner, ed avevo detto assai più di lui intorno alla struttura dell' apparato nervoso sensitivo dei fusi neuro-muscolari.

Ciò premesso, per amore di verità, passo ad esporre, più chiaramente e brevemente che potrò, il risultato delle mie osservazioni.

Anche per queste ricerche io adoperai la reazione al Cloruro d' Oro; convinto da una lunga esperienza che tale metodo è per ora il solo dal quale si possano attendere risultati chiari e di una precisione sorprendente.

Non in tutti i fusi neuro-muscolari del gatto noi possiamo ritrovare la stessa quantità e qualità di terminazioni nervose. Da ciò deriva il fatto che si devono, non per comodo di descrizione nè per volontà di schematizzare, distinguere *tre tipi* di fusi :

1.° Tipo: Fusi neuro-muscolari a terminazione nervosa complessa.

2.° Tipo: Fusi neuro muscolari a terminazione nervosa intermedia.

3.° Tipo: Fusi neuro-muscolari a terminazione nervosa semplice.

In generale nei fusi del gatto esistono *tre* ben distinte qualità di terminazioni nervose, che possiamo rispettivamente chiamare:

Terminazione primaria,
Terminazione secondaria,
Terminazione a forma di piastra.

Terminazione primaria. Questa è la terminazione nervosa della quale parlano Kerschner e Koelliker e che io minutamente descrissi e primo figurai fin dal 1892.

Vista a forte ingrandimento essa presenta un aspetto del tutto singolare che non ha raffronti fra tutte le terminazioni nervose fino ad ora conosciute. In alcuni fusi specialmente sorprende l' aspetto elegante e regolare che possiede questa terminazione (Fig. I, tp. e fig. II).

Una fibra nervosa poco prima di raggiungere il fuso neuro-muscolare quasi sempre si distingue in due o più rami secondarî, i quali però non si discostano mai l'uno dall'altro, ma tutti riuniti in un sol fascetto penetrano dentro al fuso

medesimo. Ciascuno di questi rami secondarî alla sua volta si ridivide in rami terziarî, ma ciò generalmente avviene solo allorquando i rami secondarî sono in prossimità del fascetto di Weissmann, sotto cioè all' involucro capsulare del fuso.

Ogni rametto sia esso secondario o terziario che rappresenti un' ultima divisione della fibra nervosa poco prima di venire a contatto con una fibra muscolare del fascetto di Weissmann perde la sua guaina mielinica e subisce uno strozzamento considerevole.

E qui mi sia permessa una breve digressione. Giacchè in questo momento torna opportuno, voglio fermarmi alcun poco a dire dell'accennato strozzamento, del quale parlerò più dettagliatamente e darò le relative figure in una Nota a parte (1).

Sono già diversi anni che la mia attenzione è richiamata su questo punto. Nelle diverse qualità di terminazioni nervose che io andavo osservando sia per iscopo di studio che per quello di ricerche speciali, notavo sempre che ogni fibra nervosa prima di dare l' espansione terminale subiva uno strozzamento considerevole. Oggi posso asserire che questo fatto è generale e lo si osserva in tutte le forme di terminazioni nervose conosciute (piastre motrici, Organi muscolotendinei, Corpuscoli Golgi-Mazzoni, del Pacini, del Meissner, Organi terminali da me descritti nel connettivo sottocutaneo, fusi neuro-muscolari ecc.)

È appunto in corrispondenza di questo strozzamento che le fibre nervose perdono la loro guaina mielinica e diventano di conseguenza fibre pallide per andare a formare, così costituite, la terminazione nervosa.

Tale strozzamento, secondo il mio giudizio, merita un nome speciale, per la ragione che sta a segnare il limite fra la porzione terminale e quella preterminale della fibra nervosa e perchè in questo punto la stessa fibra perde, come già si disse, la sua guaina mielinica. Io adunque lo chiamerei: *Strozzamento preterminale*. I caratteri morfologici che servono a qualificare lo strozzamento preterminale verranno dettagliatamente descritti nel lavoro a parte.

(1) Ruffini, Sullo strozzamento preterminale nelle diverse forme di terminazioni nervose periferiche. Monit. Zool. Ital. Anno VII, Fasc. 5°, 1896.

Ritorniamo all' argomento.

Subìto lo strozzamento preterminale e diventata pallida, la fibra nervosa si addossa ad una fra le fibre muscolari del fascetto di Weissmann e vi si termina. Si noti che al di là dello strozzamento la fibra pallida si presenta sottilissima e rotondeggiante, ma dopo breve tratto diventa piatta e larga in modo da assumere una perfetta forma a nastro. Questo nastro avvolge tutt' all' intorno la fibra muscolare ed un tale avvolgimento avviene, com' ebbi a dire anche nella mia prima comunicazione, in due maniere.

Più spesso l' avvolgimento ha una perfetta apparenza di passo di vite o di spirale, i cui giri, ravvicinatissimi nel centro della terminazione, vanno sempre più allargandosi man mano che si allontanano dal centro della stessa, per finire ad estremo libero e spesso rigonfiato ad una delle due estremità della terminazione medesima.

Meno spesso per contro accade che la fibra pallida sull' esterna superficie della fibra muscolare vada formando come una bandelletta non rettilinea però, nè uguale per spessore su tutta la sua lunghezza, ma con porzioni sottili e rigonfiate succedentisi a vicenda; dall' uno dei margini della quale bandelletta ad intervalli brevi ma non equidistanti partono delle fibre nastriformi, uguali a quelle costituenti le spirali. Queste fibre girano nel senso trasversale della fibra muscolare cingendola tutt' intorno e finiscono da ultimo per ritornare ad attaccarsi di nuovo al margine opposto della bandelletta medesima (Fig. V. a).

Come si vede adunque, la diversità che passa tra questi due differenti modi di terminarsi della fibra pallida sta in ciò, che nel primo caso si ha una perfetta forma di spirale continua senza apprezzabile modificazione morfologica della fibra amielinica su tutta la sua lunghezza, perchè si conserva sempre piatta e larga alla stessa maniera, mentre nel secondo caso si ha una disposizione ad anelli successivi, la cui continuità è mantenuta dalla bandelletta longitudinale, la quale non presentasi che rare volte coi caratteri degli anelli e delle spirali (Fig. V, b), che, come vedemmo, hanno una perfetta apparenza di nastri.

E siccome di queste due forme di terminazioni l' una può passare insensibilmente nell' altra e si possono spesso ri-

trovare ambedue nella stessa fibra, così credetti bene chiamarle complessivamente col nome di: *Terminazioni anulo-spirali.* Tenuto poi anche conto della configurazione a nastro della fibra amidollare mi parve e mi pare anche oggi meglio chiamarle: *Terminazioni a nastri anulo-spirali.*

Quante fibre muscolari si trovano in corrispondenza del punto dove avviene questa terminazione, altrettante sono proviste di fibre midollari con terminazioni a nastri anulo-spirali. Da ciò risulta un distacco di tinta fortissima di questa terminazione sulle altre, per modo che anche a piccolissimo ingrandimento è facile riconoscerla a colpo d' occhio.

Non tutte le terminazioni primarie dei fusi, come già si disse di sopra, hanno un aspetto così regolare ed elegante. In alcuni fusi la disposizione a spire o ad anelli si ritrova solo spezzatamente qua e colà, mentre per solito si osservano forme ad S ed a C, intercalate a figure di clava, di capocchia di spillo, di virgola ecc. Oltre a ciò il cilindrasse non raggiunge quasi mai tal grado di larghezza che alle comuni terminazioni primarie impartisce quella caratteristica ed elegante forma di nastro. Per cui la terminazione appare meno forte per tinta e le fibre midollari non offrono quello stipamento che ordinariamente suole osservarsi (Fig. III).

Il fatto di non trovare tutte le terminazioni primarie di quest'Organo nervoso perfettamente identiche fra loro dal punto di vista morfologico, non deve arrecare meraviglia alcuna, perocchè questo è un fatto che noi possiamo osservare costantemente in tutte le forme di terminazioni nervose finora conosciute. Generalmente parlando si può dire che è difficilissimo trovare due organi terminali nervosi, della stessa qualità, perfettamente uguali fra loro; da ciò il dovere dell' osservatore nel delineare i caratteri generali comuni e nel far conoscere entro quali limiti sono possibili le varietà relative a ciascun Organo.

Alle due estremità della terminazione primaria, cioè a quelle che rispettivamente guardano l' estremità prossimale e distale del fuso, in generale si vede il modo di finire delle fibre amidollari. Dico : in generale, perchè anche nel centro della terminazione qualche volta è dato vedere qua e là una qualche terminazione libera. Di preferenza adunque le fibre pallide vanno a finire agli estremi della termina-

zione. A questo punto le spirali si sono già svolte completamente e danno luogo a delle corte fibre piegate in diversi sensi e costantemente rigonfiate al loro estremo. (Fig. II). Tal sorte subiscono pure le terminazioni anulari; per cui all' estremità della terminazione primaria si osserva sempre una quantità più o meno grande di estremità terminali, di figura rotondeggiante, di fogliolina, di clava ecc. Non è quindi rigorosamente esatto ciò che io dissi nella mia prima Nota, e che il Kerschner confermò, potersi cioè qui parlare di una terminazione a fiorami, perchè le osservazioni ulteriori e più diligenti mi hanno mostrato come un tal modo di terminare faccia parte di un' altra qualità di terminazione che pure si osserva nel fuso in vicinanza di questa e che più avanti passeremo a descrivere.

Nei fusi neuro-muscolari dei gattini neonati, esaminati tra il 7° ed il 12° giorno di vita si può già benissimo osservare la terminazione primaria. A quest'età però la fibra amidollare non ha peranco acquistati i caratteri di fibra piatta e larga così come si osserva in quella dell' adulto, sebbene la disposizione e l' andamento sieno identici. Per questo riguardo la terminazione primaria dei gattini neonati ha molta somiglianza con quella qualità di terminazione dell' adulto che dissi trovarsi meno frequentemente e che descrissi poco addietro.

Già fin dal 1863 Kühne aveva fatto notare la rimarchevole larghezza della fibra nervosa che va ai fusi neuro-muscolari. Però è da notare che fra le tante fibre nervose che si distribuiscono ad un fuso, solo quella che va a formare la terminazione primaria risalta all' occhio dell' osservatore per la considerevole sua grossezza. Spesso vince in larghezza la fibra nervosa di un Organo muscolo-tendineo del Golgi. (Fig. I).

In generale è una sola fibra nervosa che dà la terminazione primaria, ma non è raro il caso di vederne anche due, le quali non derivano però da una lontana divisione di una sola fibra, ma indivise possono seguirsi fin dentro al tronchicino nervoso dal quale promanano.

Allorchè i fusi si trovano molto lontano dai tronchicini nervosi, queste fibre nervose sono assai lunghe; raggiungono il fuso sempre alla sua estremità prossimale e lo seguono

nella sua stessa direzione, camminandogli sempre molto da vicino. Giunto il momento di terminarsi, la fibra nervosa, senza cambiar direzione, attraversa le capsule del fuso e finisce come fu già descritto.

Quando per contro i fusi sono collocati vicino ai tronchicini nervosi, allora la fibra della terminazione primaria è molto corta; staccatasi dal tronchicino va incontro al fuso camminando in senso diagonale e quasi sempre nella direzione prossimale-distale del fuso medesimo. Venuto il momento di dare l' espansione terminale si piega bruscamente verso il fuso e lo raggiunge in senso più o meno perpendicolare.

Se sono poi due le fibre che devono andare a formare la terminazione in discorso, allora una penetra nel fuso da un lato e l' altra dal lato opposto.

Queste fibre sono rivestite da una spessa guaina di Henle, la quale, come aveva già notato lo stesso Kühne, si continua colle capsule del fuso. Sherrington porta esempio di una di queste fibre la cui guaina di Henle misurava 35 μ.

Quando queste fibre nervose penetrano nel fuso perpendicolarmente al suo asse, allora è facile osservare come la guaina di Henle, allorchè la fibra nervosa si piega per toccare il fuso, incomincia ad allargarsi gradatamente a guisa di bocca di tromba o di imbuto, per finire insensibilmente, espandendosi sempre di più, a far parte delle capsule del fuso. (Fig. I).

E qui mi par giusto dover richiamare in campo una mia vecchia opinione ed un fatto recente.

A proposito del rivestimento capsulare che si osserva negli Organi nervosi terminali da me descritti fin dal 1891 (ma che solo nel 1893 fu potuta pubblicare la Monografia nella quale li descrissi) io ammisi, con giustificati fatti anatomici, che un tale rivestimento fosse dato dalla guaina di Henle delle fibre nervose che si distribuiscono a tali Organi. Il medesimo concetto a me pare potersi ammettere per la capsula degli Organi muscolo-tendinei del Golgi, così ingegnosamente dimostrata da Alfonso Cattaneo, e per tutte le altre forme di Organi terminali capsulari, compresi gli stessi Corpuscoli del Pacini. Poco sopra io dissi come le capsule

dei fusi neuro-muscolari incominciano a manifestari chiaramente là ove le fibre nervose si addossano al fuso.

Tenendo adunque conto di questo fatto ed avendo io visto quanta analogia corra tra il modo di comportarsi della guaina di Henle negli Organi da me descritti, in quelli muscolo-tendinei e nei fusi neuro-muscolari, viene di naturale conseguenza che se il fatto accennato si ammette per le due prime qualità di Organi non c'è ragione per escludere che anche nei fusi avvenga il fatto medesimo. Non si creda però che le capsule del fuso derivino solo dalla guaina di Henle della fibra che forma la terminazione primaria; tutte le guaine delle molte fibre nervose che vanno al fuso presentano il medesimo rapporto (da ciò forse il numero maggiore di lamelle capsulari in questi Organi che negli altri due) però tale dimostrazione era necessario darla a questo punto, perchè per tutte le altre fibre nervose il fatto non è così dimostrativo come per quella della terminazione primaria.

Terminazione secondaria. Accanto alla terminazione primaria, nei fusi neuro-muscolari del gatto si trova un'altra terminazione, da quella distinta per caratteri morfologici e per individualità di fibra nervosa (Fig. I, ts).

Nessuno aveva fino ad ora veduta una tale terminazione e neppure io la conoscevo con precisione prima d'istituire questa nuova serie di ricerche.

Le fibre nervose che danno questa terminazione non sono mai così larghe come quelle della terminazione primaria e penetrano nel fuso discoste sempre dal punto ove penetra la fibra di quella.

Da ciò segue che non sieno quasi mai riunite in un sol fascetto, sebbene spesso tengano lo stesso cammino. Qualche volta le fibre di questa terminazione promanano da un tronchicino nervoso diverso da quello da cui si partono le fibre della terminazione primaria. Sono anch'esse provviste della guaina di Henle non molto spessa, ma che si comporta come sopra fu detto per le altre fibre nervose.

Si dividono in rami secondarî, ma generalmente solo dopo esser penetrate nell'interno del fuso e tali rami non sono mai molti.

È notevole anche il fatto che spesso oltre alle dette

fibre, alla formazione di questa terminazione, concorrano una o due fibre mieliniche estremamente sottili che entrano nel fuso insieme alle altre, ma che ne sono affatto indipendenti.

La terminazione che danno tutte queste fibre, è come si disse, generalmente molto diversa da quella primaria.

Subìto lo strozzamento preterminale, i rami secondarî si risolvono ben presto in un gran numero di varicosità cilindrassiali, riunite fra loro da sottilissimi e corti filamenti. Queste varicosità sono di forme diverse: rotonde, clavate, triangolari, a forma di fogliolina ecc. e sono disposte in modo che spesso sembrano dei ramoscelli di fiori (Fig. IV).

A volte si riceve la medesima impressione che si ha osservando qualcuno di quei corpuscoli che Golgi primo descrisse sulle aponeurosi muscolari e che io trovai anche nel connettivo sottocutaneo dei polpastrelli delle dita dell' uomo e che chiamai: Corpuscoli Golgi-Mazzoni.

Le espansioni terminali dei cilindrassi di queste fibre nervose si fanno anch' esse attorno alle fibre muscolari del fascetto di Weissmann, ma non sono quasi mai così stipate fra loro, come quelle della terminazione primaria.

E come vedemmo per le terminazioni primarie che alcune di esse si allontanano alquanto dal tipo che comunemente suole osservarsi, così fra le terminazioni secondarie possiamo vederne di quelle nelle quali vicino alle caratteristiche forme di corte ramificazioni variamente rigonfiate si riscontrano qua e là delle figure, però molto incomplete, di S. e C. Per cui possiamo dire che le forme eccezionali di terminazioni primarie si avvicinano al tipo della terminazione secondaria e quelle eccezionali delle terminazioni secondarie ripetono lontanamente qua e là il tipo della terminazione primaria.

Non si dà però mai il caso che un occhio bene esercitato scambi fra loro questi due tipi di terminazioni, per quanto la conformazione loro sia eccezionale.

La terminazione secondaria finisce quasi sempre in immediata vicinanza di quella primaria. Ed ecco perchè nella mia prima comunicazione errai nel dire che la terminazione primaria avesse soventi volte un appendice dalla sua parte prossimale, non avendo allora visto che quest' appendice altro non era che una terminazione a sè e bene distinta dall' altra. Ne avevo però fin d'allora descritti i caratteri mor-

fologici, dando alla stessa il nome di: *terminazione a fiorami*, che anche oggi intendo mantenere.

Anche questa terminazione a fiorami si vede già distintamente bene nei muscoli dei gattini, osservati fra il 7° ed il 12ª giorno di vita.

Terminazione a forma di piastra. Kerschner fin dal 1888 accennò a questa qualità di terminazioni, chiamandole: *apparato motore*; però in tutti i suoi lavori non ne ha *mai* data una descrizione nè una figura, sicchè solo dopo la pubblicazione della mia prima Nota potei finalmente comprendere che colla sua denominazione Kerschner alludesse a quella qualità di terminazione che io primo rappresentai nella Fig. 3ª della Nota medesima.

Nel presente capitolo oltre alla descrizione obbiettiva di queste terminazioni, a noi incombe anche l' obbligo di fare contemporaneamente uno studio comparativo tra le comuni piastre motrici e queste stesse terminazioni dovendo da questo studio scaturire non una provata legge fisiologica, ma quel tanto che alla morfologia è concesso di poter proporre circa l' interpretazione fisiologica di un Organo.

La grandezza di queste terminazioni è variabilissima: se ne osservano di quelle assai più piccole delle piastre motrici (Fig. α. - γ.) di quelle presso a poco uguali e di quelle finalmente assai più grandi delle medesime; ma in generale prevale quest' ultima forma (Fig. ζ - κ.).

Per quello che a me risulta, pare sieno sfornite di sostanza granosa di sostegno e della Eminenza del Doyère.

La fibra nervosa che le costituisce, diventata amidollare subito dopo lo strozzamento preterminale, si divide in pochi, corti ed estremamente sottili rametti terminali, i quali ben presto incominciano a formare come tante coroncine, per varicosità cilindrassiali rotondeggianti e tratterelli sottilissimi succedentisi a vicenda. Tali coroncine, che nell' interno della piastra si anastomizzano variamente fra loro, finiscono ad estremo libero con manifesto rigonfiamento tondeggiante verso la periferia della medesima. Da ciò risultano delle delicatissime ed eleganti arborescenze bernoccolute, bene differenziate dalle altre due qualità di terminazioni, che vedemmo nei fusi neuro-muscolari. Qualche rara volta per conti si

osserva come la fibra pallida, in luogo di una arborescenza, presenti piuttosto l' aspetto di un intreccio, nel quale però si osservano costantemente varicosità cilindrassiali e strozzamenti succedentisi a vicenda. (Fig. α. - κ.).

Se ci facciamo ora a mettere in confronto la struttura di queste terminazioni con quella delle piastre motrici, vediamo subito la grande differenza che passa fra loro.

Le piastre motrici, generalmente più piccole, non offrono fra loro che pochissima diversità di grandezza. Sono generalmente di figura rotondeggiante e fornite di sostanza granosa di sostegno e dell' Eminenza del Doyère. La fibra nervosa, dopo lo strozzamento preterminale, si divide anch'essa in esili ramoscelli, i quali però nel formare l'espansione nervosa non prendono *mai* l' aspetto di coroncina o di intreccio, ma diventano corti e tozzi presentando qua e là qualche irregolare varicosità cilindrassiale. I rami esterni, spesso curvilinei, mandano più o meno rami collaterali che abbastanza frequentemente si anastomizzano fra loro formando così un reticolo a maglie strettissime. Anche i cilindrassi delle piastre motrici finiscono cogli estremi liberi, ma leggermente rigonfianti (Fig. a — f.)

Le fibre nervose che vanno a formare le terminazioni a forma di piastra sono generalmente le più esili di quante se ne veggono arrivare ad un fuso neuro-muscolare.

Possiedono una strettissima guaina di Henle e sono affatto indipendenti dalle fibre che danno le altre forme di terminazioni che già conosciamo.

Non tengono sempre un cammino diretto per arrivare ai fusi e ciò specialmente quando questi sono posti lontani dai tronchicini nervosi, dai quali esse fibre promanano.

In tal caso si vedono serpeggiare in diversi sensi o percorrere tratti lunghissimi prima di penetrare nel fuso.

Queste fibre nervose possono penetrare nel fuso o insieme alla fibra della terminazione primaria, o insieme a quella della terminazione secondaria, oppure isolatamente, discoste cioè dalle une e dalle altre. In tutti i casi dopo esser penetrate nel fuso percorrono anche qui costantemente dei tratti più o meno lunghi, girando ed avvolgendosi in mille guise, prima di dare l' espanzione terminale. Ciò è caratteristico come caratteristico pure è un altro fatto sul quale è bene richiamare la nostra attenzione.

Per quanto attentamente io abbia osservati i miei preparati, non mi è mai riuscito vedere che queste fibre, o prima o dopo essere entrate nel fuso, si dividano in rami secondarî. Ogni terminazione ha per sè una fibra nervosa individua, che come tale si segue fino al tronchicino nervoso dal quale essa fibra promana (Fig. I, tfp).

Anche i caratteri morfologici adunque delle fibre nervose di queste terminazioni ed il loro modo di comportarsi sono dissimili da quelli delle comuni piastre motrici.

Nei fusi neuro-muscolari dei gattini neonati, osservati fra il 7.° ed il 12.° giorno di vita, queste terminazioni si possono già vedere con bastevole chiarezza, sebbene non possiedano ancora tutti i caratteri di quelle a pieno sviluppate, come si vede nei gatti adulti; fatto questo che hanno comune colle altre due qualità di terminazioni che si riscontrano nei fusi neuro-muscolari dello stesso animale.

*
* *

Completato così, come meglio ho potuto, lo studio analitico di tutte le qualità di terminazioni nervose contenute nei fusi neuro-muscolari, è necessario ora vedere come sieno esse ordinate dentro ai medesimi.

E qui torna opportuno richiamare alla memoria la classificazione già fatta precedentemente. Dicemmo infatti come se ne debbano distinguere tre tipi:

1.° Tipo: fusi neuro-muscolari a terminazione nervosa complessa.

2.° Tipo: fusi neuro-muscolari a terminazione nervosa intermedia.

3.° Tipo: fusi neuro-muscolari a terminazione nervosa semplice.

Vediamo in che consista la differenza fra questi tre diversi tipi di fusi.

1.° Tipo: *Fusi neuro-muscolari a terminazione nervosa complessa.* — In questi si riscontrano costantemente tutte e tre le già descritte forme di terminazioni nervose, per cui tra i fusi si devono considerare come i più ricchi di nervi (Fig. I). Nel corpo animale, fatta astrazione degli organi dei sensi

specifici, non c'è Organo terminale che possa star loro a confronto per dovizia di fibre e di terminazioni nervose. Queste non occupano il fascetto di Weissmann in tutta la sua lunghezza, nè si trovano mai discoste le une dalle altre all'infuori delle terminazioni a forma di piastra, che come vedemmo, si possano trovare anche lontane dal punto ove avvengono la terminazione primaria e quella secondaria.

Di *terminazioni primarie,* od a nastri anulo-spirali, in generale se ne osserva una per ogni fuso: qualche rara volta se ne possono vedere anche due, ma in tal caso sono molto discoste fra loro. Nel punto dove avviene questa terminazione il fascetto di Weissmann spesso presenta un leggero rigonfiamento fusiforme.

Le *terminazioni secondarie*, od a fiorami, sono costantemente in numero di due. Esse offrono tre diversi rapporti rispetto alla terminazione primaria:

a) Si trovano una all' estremità prossimale, l' altra a quella distale della determinazione primaria; così questa viene a trovarsi in mezzo a due terminazioni secondarie (Fig. I).

b) Sono ambedue situate all'estremità prossimale della terminazione primaria.

c) Sono ambedue situate all' estremità distale della stessa terminazione.

Qualunque sia la disposizione, questo gruppo di tre terminazioni strettamente ravvicinate e poste l' una di seguito all' altra è veramente bello e singolare.

Fra gli estremi terminali liberi delle fibre pallide di due terminazioni ravvicinate, c' è, per quel che a me pare, solo rapporto di contiguità e non di continuità.

Non è possibile poter designare con precisione il punto del fascetto di Weissmann dove sogliono trovarsi le tre terminazioni in discorso. Pare che con una certa costanza si trovi più verso l' estremità distale, che verso quella prossimale dello stesso. Io credo però che con ogni probabilità il tratto del fascetto di Weissmann nel quale si trovano queste terminazioni corrisponda a quella parte dello stesso che Sherrington chiama: *Regione Equatoriale*, la quale si differenzia dalle altre due regioni *(distale e prossimale)*, per alcuni caratteri che qui è bene riassumere.

« La zona superficiale, scrive Sherrington, delle fibre

muscolari di questa regione si presenta tappezzata e quasi completamente occupata da una lamina di nuclei sferici o leggermente ovoidali, che misurano circa 6 μ di diametro. Al disotto di questi nuclei vi è una sottile zona fibrillare la quale ricopre un pernio centrale di materia jalina, che corre a guisa di bacchetta lungo l' asse della fibra intrafusale di questa regione. La striatura è alternata a motivo dei nuclei ed è più appariscente che nelle fibre ordinarie ».

Non v' ha dubbio, io credo, che la lamina di nuclei, osservata dallo Sherrington, non sia altro che una lamina nucleare di sostegno della terminazione nervosa; carattere questo comune al tessuto di sostegno di molte altre forme di terminazioni nervose. Per cui io proporrei di chiamare questa regione col nome di: *Regione terminale* o *equatoriale* del fuso.

Le *terminazioni a forma di piastra* si osservano scaglionate tanto nella estremità prossimale (o regione polare prossimale di Sherrington) quanto in quella distale (o regione polare distale dello stesso autore).

Il loro numero non è fisso; se ne possono trovare anche dieci e più per ognuna delle due suddette regioni.

Poste a variabili distanze fra loro, queste terminazioni si vedono a volte arrivare in punti assai lontani dalla regione terminale e ciò specialmente verso la regione polare prossimale. Nella regione polare distale se ne possono sempre trovare fino a tanto che le fibre muscolari non si sieno convertite in tendine.

Anche la loro vicinanza alla regione terminale non è sempre costante, ma generalmente alcune di esse cominciano a vedersi subito dopo questa regione.

Non si dà mai il caso di vedere che qualcuna di queste terminazioni occupi la regione terminale o equatoriale.

2.° Tipo: *Fusi neuro-muscolari a terminazione nervosa intermedia.* La regione terminale di questi fusi è più semplice di quella dei precedenti. In essi infatti troviamo una terminazione primaria ed una sola terminazione secondaria. Per cui qui la regione terminale è più ristretta.

Ambedue le terminazioni sono in rapporto intimo di contiguità e quella secondaria a volte si trova alla estremità prossimale ed altre volte a quella distale della terminazione primaria.

Le terminazioni a forma di piastra offrono gli stessi rapporti già detti per il primo tipo, tranne che in questi pare sieno un po' minori di numero.

3.° Tipo: *Fusi neuro-muscolari a terminazione nervosa semplice.* Nella regione terminale di questi fusi non troviamo altra terminazione all' infuori della primaria; da ciò risulta una strettezza di questa regione anche maggiore della precedente.

I caratteri morfologici della terminazione primaria di tali fusi corrisponde in generale a quelli che già dicemmo osservarsi solo eccezionalmente (Fig. III).

Le terminazioni a forma di piastra si comportano sempre alla stessa guisa, ma qui se ne veggono in molto minor numero.

Dal fin qui detto adunque chiari emergono due fatti:

a) che delle tre qualità di terminazioni nervose la primaria e quelle a forma di piastra si riscontrano costantemente in tutti i tipi di fusi neuro-muscolari.

b) che la sola terminazione secondaria è quella che può variare o mancare; da ciò il nome che io volli dare a questa terminazione.

Fra i tre tipi di fusi però oltre alla differenza nella quantità e qualità di terminazioni a me pare che esista anche una differenza nella lunghezza e nella quantità di fibre muscolari che si contengono nel fascetto di Weissmann. Naturalmente quelli del terzo tipo sarebbero i più corti e poveri di fibre muscolari.

Non tutti e tre i tipi di fusi si riscontrano ugualmente frequenti nei muscoli del gatto. Frequentissimi quelli del 1° tipo, meno frequenti quelli del 3° tipo, rari quelli del 2° tipo.

Considerazioni fisiologiche.

Per le cognizioni istologiche e sperimentali che oggi possediamo intorno ai fusi neuro-muscolari, non è più lecito, a mio credere, mettere in dubbio la loro natura sensitiva; la quale divinata da Kerschner nel 1888, fu nel 1892 additata da me con positiva analisi istologica e provata finalmente da Sherrington nel 1894 con indiscutibili dati sperimentali.

Le due vecchie opinioni di cui l' una considerava i fusi come centri embrionali per lo sviluppo di nuove fibre muscolari, e l' altra come un prodotto patologico, al giorno d' oggi non possono nè debbono più avere che un valore puramente storico, legato alla evoluzione dello studio di questi speciali Organi nervosi.

Sherrington, oltre all' averci fornito delle preziose nozioni sulla struttura di questi Organi, ebbe anche il merito di avere dimostrato sperimentalmente come le fibre nervose mieliniche degli stessi non patiscano alcun danno dopo la completa distruzione delle radici spinali anteriori e venne alla conclusione che le medesime fibre prendano la loro origine dalle cellule dei gangli delle radici spinali.

Se si addizionano ora questi risultati sperimentali con i nuovi risultati anatomici delle presenti mie osservazioni, si vedrà chiaramente su quale base di verità posi il concetto moderno della funzione fisiologica dei fusi neuro-muscolari.

Una volta provato adunque che i fusi neuro-muscolari sieno Organi del senso muscolare, resta ancora a sapere che forma o qualità di sensazione sieno essi deputati a percepire.

Sherrington basandosi sui risultati sperimentali, ritiene essere i fusi specialmente adatti a percepire gli stimoli di qualità meccanica.

Io non posso nè oppugnare, nè portare nessun argomento in favore di questa opinione, perchè ciò facendo uscirei dal campo dell' analisi anatomica, entro cui la prudenza mi consiglia a restare.

Prima di por termine a questo scritto è necessario rispondere ancora ad una domanda che lo stesso Sherrington si è fatta ed alla quale egli non ha potuto dare una risposta soddisfacente.

Il fascetto di Weissmann è, come i muscoli circostanti, unito direttamente ai nervi motori? O in altri termini: nel fascetto di Weismann esistono terminazioni nervose motrici?

Che i nervi motori dei muscoli circostanti vadano a fornire di piastre motrici anche il fascetto di Weissmann, lo posso escludere nel modo più reciso e senza tema di ricevere smentite. Spessissimo accade di vedere le fibre musco-

lari che circondano il fuso neuro-muscolare esser sede di una più o meno abbondante arborizzazione terminale di piastre motrici, ma giammai accadrà d' osservare che una fibra nervosa del tronchicino motore vada a terminarsi nel fascetto di Weissmann.

Ciò però non esclude che possa ammettersi l' esistenza di terminazioni motrici provenienti da fibre nervose centrifughe a decorso isolato, tanto più che noi vedemmo esistere nel fuso quella qualità di terminazione che chiamammo: Terminazione a forma di piastra.

Si deve dunque a questa terminazione attribuire una funzione motoria per le fibre muscolari striate del fascetto di Weissmann?

Io ho troppi dubbi per dare una risposta affermativa a questa domanda.

Feci già rilevare la differenza che corre fra le comuni terminazioni motorie e le terminazioni a forma di piastra del fuso, comparando fra loro le due strutture diverse, per cui dovendo stare ai risultati dell' analisi istologica, io dovrei negare che queste terminazioni abbiano funzione motoria. La struttura delle piastrine del fuso, i caratteri e l'andamento delle fibre nervose dalle quali emanano, la rilevante quantità loro in rapporto a quella delle terminazioni motrici rispetto al muscolo, alcuni caratteri embriologici molto significanti (che si riferiscono al tempo diverso nel raggiungere il completo sviluppo fra queste due qualità di terminazioni) ma sui quali non posso oggi contare con troppa fidanza, mi inducono piuttosto a credere che anche le terminazioni a forma di piastra sieno di natura sensitiva.

Contro me non ho che l' asserzione di Kerschner; ma l' autorità delle persone non avendo mai avuto nessun peso sull' animo mio, io persisto nel mio dubbio, il quale è la conseguenza diretta dell' osservazione spassionata di alcuni fatti, a cui non si può negar valore.

Spero che proseguendo nelle ricerche comparative e più che in queste nel già intrapreso studio embriologico, potrò quanto prima dire l' ultima parola anche su questo argomento.

Lucignano 27 Dicembre 1895.

Spiegazione delle figure

Fig. I. — Figura semi-schematica di un fuso neuro-muscolare del 1° tipo od a terminazione nervosa complessa; gatto adulto.

C = Capsule.
f n m = Fascetto nervoso che va a finire esclusivamente in piastre motrici nelle fibre muscolari circostanti al fuso neuro-muscolare.
f W = Fascetto di Weissmann.
t f p = Terminazione a forma di piastra.
t n = Tronchicino nervoso.
t p = Terminazione primaria.
t s = Terminazione secondaria.

Figura II. — Terminazione primaria di un fuso neuro-muscolare del 1° tipo, vista a forte ingrandimento; gatto adulto.

Camera chiara Koristka, Ocul. 4, Obbiet. 8*, × 620.

Fig. III. — Terminazione primaria in un fuso nero-muscolare del 3° tipo; gatto adulto.

Disegnata come sopra.

Fig. IV. — Terminazione secondaria in un fuso neuro-muscolare del 1° tipo; gatto adulto.

Disegnata come sopra.

Fig. V (a, b) — Brevi tratti di fibre muscolari del fascetto di Weissmann, disegnati distaccatamente da una terminazione primaria in un fuso del 1° tipo, per mostrare la terminazione a forma di *anelli*, prendenti origine dalla *bandelletta* longitudinale; la quale nella fig. 6 prende la eccezionale apparenza di nastro piatto e largo; gatto adulto.

Disegnate come sopra.

Fig.e a — f. — Diverse forme di comuni *piastre motrici* di gatto adulto. Tali piastre furono disegnate da preparati ottenuti dallo stesso gatto dal quale si ebbero i preparati dei fusi neuro-muscolari rappresentati dalle precedenti figure.

Disegnate come sopra.

Fig.e α-κ. — Tipi diversi di *terminazioni a forma di piastra*; dalle più piccole (α, β, γ) alle più grandi delle comuni piastre motrici. Anche queste terminazioni furono disegnate da preparati ottenuti dallo stesso gatto dal quale furono prese le piastre motrici a — f. *Per cui tanto le fig.e* a — f quanto le fig.e α-κ *appartengono allo stesso animale e furono ottenute colla medesima reazione al Cloruro d' Oro.*

Disegnate come sopra.

Nota. — Le figure I-V furono per economia riprodotte sulle tavole annesse, riducendo di circa un terzo i disegni originali. Le altre figure sono riprodotte alla stessa grandezza delle originali.